

ABSTRAK

Shell Eco Marathon adalah ajang tahunan yang menantang siswa SMA dan Mahasiswa dari seluruh dunia untuk mendesain, membuat dan menguji kendaraan yang memiliki efisiensi tinggi. Selain dapat dibuat secara personal, keunggulan kendaraan jenis ini adalah penggunaan energy yang efisien karena berat kendaraan jauh lebih ringan dibandingkan dengan kendaraan pada umumnya.

Tugas Akhir ini mendesain dan membuat suspensi depan kendaraan *Urban Concept* untuk *Shell Eco Marathon* dengan menggunakan *Independent Double Wishbone*. Rancangan yang dibuat diusahakan sederhana, sehingga mudah dan murah untuk dibuat.

Desain dan pembuatan sistem suspensi depan ini dibuat dengan tahapan-tahapan dimulai dari : Data Awal atau Batasan Desain, Draft Desain, Simulasi, Gambar Teknik, Pembuatan, Selesai.

Hasil simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan Solidwork 2014, menunjukkan bahwa sistem suspensi depan yang di desain dan dibuat berhasil berfungsi meredam kejutan bagian depan kendaraan pada saat melewati permukaan jalan yang tidak rata.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT beserta Junjungan-Nya, Nabi Muhammad SAW yang telah melimpahkan karunia kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Desain Dan Pembuatan Sistem Suspensi Depan Kendaraan *Urban Concept* Untuk Kompetisi *Shell Eco Marathon*”. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak H. Farid Rizayana, Ir, MT. sebagai pembimbing I yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Endang Kadar, Ir, MT. sebagai pembimbing II yang telah memberikan petunjuk dan bimbingan dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik mesin yang telah memberikan bimbingan dan pelajaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini.
4. Ayahanda Drs. Iwan Setiawan dan Ibunda Dra. Cucu Sutiasih, ST,.Mpd. tercinta, kedua kakak Siti Nur Indah Sari, ST. dan Afil Rumantika, ST, adik Muhammad Gilang Setiaramdhani, S.Ikom, calon istri tercinta Vinni Clara Sonia, S.IP, yang telah memberikan do’a serta dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Universitas Pasundan angkatan 2007
6. Semua pihak yang telah membantu dalam melaksanakan dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang kiranya dapat bermanfaat untuk memperbaiki kekurangan yang ada. Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR DIAGRAM	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi.....	2
1.6. Manfaat.....	3
BAB II	4
DASAR TEORI	4
2.1 Kompetisi <i>Shell Eco Marathon</i>	4
2.2 Suspensi.....	5
2.3 Model Suspensi.....	5
2.3.1 Suspensi model Poros Pejal (<i>Rigid Axle type Suspension</i>)	6
2.3.2 Suspensi model Bebas (<i>Independent Suspension</i>).....	7
Tipe <i>Double Wishbone</i>	7
Tipe <i>MacPherson Strut</i>	9
Tipe <i>Multilink</i>	10
2.4 Komponen Utama Suspensi	10
2.4.1 Pegas	11
Pegas koil (<i>coil spring</i>).....	12
Pegas daun (<i>leaf spring</i>).....	12
Pegas batang torsi (<i>torsion bar spring</i>)	13
2.4.2 <i>Shock Absorber</i>	14
Menurut cara kerjanya	14
Penggolongan menurut konstruksinya	15
Penggolongan menurut medium kerjanya	16
2.4.3 <i>Ball Joint</i>	17

2.4.4	Stabilizer Bar.....	17
2.4.5	Strut Bar.....	18
2.4.6	Lateral Control Rod.....	18
2.4.7	Bumper.....	19
BAB III	.....	20
METODOLOGI	.....	20
3.1	Pengumpulan data.....	21
3.2	Batasan desain.....	21
3.3	Draft desain	21
3.4	Simulasi desain	21
3.5	Gambar teknik.....	21
3.6	Pembuatan	21
BAB IV	.....	22
DESAIN SUSPENSI KENDARAAN	.....	22
4.1.	Perancangan Sistem Suspensi Depan.....	22
4.1.1.	3D Modeling.....	22
4.2.	Komponen-Komponen Utama Suspensi Depan	23
4.2.1.	Komponen Standar.....	24
	<i>Balljoint</i>	24
	<i>Shock Absorber</i>	24
4.2.2.	Komponen yang dibuat.....	25
	<i>Upper Arm</i>	25
	<i>Lower Arm</i>	25
4.3.	Instalasi Suspensi Depan	26
BAB V	.....	27
SIMULASI DESAIN	.....	27
5.1.	Simulasi Desain.....	27
5.2	Konstanta Pegas.....	30
BAB VI	.....	32
PEMBUATAN	.....	32
6.1.	Gambar Teknik.....	32
6.2.	Analisa Proses	33
6.3.	Persiapan Proses.....	34
6.4.	Proses Pembuatan (<i>Prototyping</i>).....	35
6.5.	Perakitan (<i>Assembly</i>).....	37
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	39

Tugas akhir

7.1. Kesimpulan.....	39
7.2. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kendaraan kelas <i>Urban Concept Shell Eco Marathon</i>	1
Gambar 2. 1 Kendaraan Kelas Urban Concept Shell Eco Marathon	4
Gambar 2. 2 Suspensi Model Rigid	6
Gambar 2. 3 Suspensi Model Bebas	6
Gambar 2.4. Suspensi Model Poros Pejal	7
Gambar 2.5. Suspensi tipe <i>Double Wishbone</i>	8
Gambar 2.6. Suspensi tipe <i>MacPherson Strut</i>	9
Gambar 2.7. Suspensi tipe Multilink	10
Gambar 2.8. Suspensi Depan dan Belakang	11
Gambar 2.9. Pegas Koil	12
Gambar 2.10. Pegas Daun	13
Gambar 2.11. Pegas Batang Torsi	13
Gambar 2.12. <i>Shock absorber</i> kerja tunggal.....	14
Gambar 2.13. <i>Shock absorber</i> kerja ganda.....	15
Gambar 2.14. <i>Shock absorber</i> tipe twin tube	15
Gambar 2.15. <i>Shock absorber</i> tipe mono-tube	16
Gambar 2.16. <i>Shock absorber</i> berisi gas.....	16
Gambar 2.17. <i>Ball Joint</i>	17
Gambar 2.18. <i>Stabilizer Bar</i>	17
Gambar 2.19. <i>Strut Bar</i>	18
Gambar 2.20. <i>Lateral Control Rod</i>	19
Gambar 2.21. <i>Bumper</i>	19
Gambar 4. 1 Bagian-bagian dari sistem suspensi depan	23
Gambar 4. 2 <i>Ball joint</i>	24
Gambar 4. 3 <i>Shock Absorber</i>	24
Gambar 4. 4 <i>Upper Arm</i>	25
Gambar 4. 5 <i>Lower Arm</i>	26
Gambar 4. 6 Instalasi Suspensi Depan.....	26
Gambar 5. 1 Data hasil simulasi untuk mengetahui grafik pada gerak pitch	27
Gambar 5. 2 Data hasil simulasi untuk mengetahui grafik pada gerak pitch	28
Gambar 5. 3 Data hasil simulasi untuk mengetahui grafik pada gerak pitch	29
Gambar 5. 4 Gambar gerakan bolak-balik kendaraan di sekitar posisi kesetimbangan	30
Gambar 6. 1 Tampak depan	32
Gambar 6. 2 Tampak samping	32
Gambar 6. 3 Tampak atas.....	33
Gambar 6. 4 Isometri	33

Tugas akhir

Gambar 6. 5 Pipa baja sebagai bahan pembuatan suspensi depan.....	34
Gambar 6. 6 Hasil akhir dari pembuatan <i>Upper</i> dan <i>Lower Arm</i>	36
Gambar 6. 7 Bagian-bagian dari sistem suspensi depan setelah proses pembuatan..	37
Gambar 6. 8 Hasil akhir dari proses perakitan	38

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 2. 1 Pembagian kelas utama pada kompetisi <i>Shell Eco Marathon</i>	5
Diagram 3. 1 Perancangan Suspensi Depan.....	20

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Komponen-komponen sistem suspensi dan tingkat ketersediaan di pasaran.	23
--	----

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Shell Eco Marathon adalah ajang tahunan yang menantang siswa SMA dan Mahasiswa dari seluruh dunia untuk mendesain, membuat dan menguji kendaraan yang memiliki efisiensi tinggi.



Gambar 1. 1 Kendaraan kelas *Urban Concept Shell Eco Marathon*

Pada kompetisi tahun 2012 *Event Shell Eco Marathon* dilaksanakan Eropa (Rotterdam, Belanda) ⁽³⁾ , Amerika (*Discovery Green Track*, Houston, Texas) ⁽⁴⁾ , dan di Asia (*Sepang Internasional Circuit*, Malaysia) ⁽⁵⁾ . Kompetisi Shell Eco Marathon dibagi menjadi dua kelas utama. Kelas yang pertama adalah kelas *Urban Concept*. Pada kelas *Urban Concept* kendaraan diharuskan mengikuti desain kendaraan roda empat pada saat ini . Dimensi kendaraan untuk kelas *Urban Concept* sesuai dengan aturan yang berlaku harus memiliki tinggi 100-130 cm, lebar 120-130 cm. Kendaraan tersebut juga harus memiliki panjang 220-350 cm. *Wheeltrack* minimal 120 cm, *Track Width* minimal 100 cm (depan) dan 80 cm (belakang) dan bobot kendaraan tanpa pengemudi maksimal 205 kg ⁽⁶⁾ . Sedangkan untuk kelas *Prototype Vehicle* desain kendaraan tidak harus memiliki empat roda, dan tidak harus mengikuti desain kendaraan roda empat saat ini.

Pada kompetisi *Shell Eco Marathon* tahun 2011 tim dari *Dhurakij Pundit University* dari Thailand menjuarai kelas *Prototype* yang berbahan bakar *Ethanol*. Kendaraan tersebut mampu menempuh jarak **2213,4 km/l**. Untuk kelas *Urban Concept*, tim dari Institut.

Teknologi Sepuluh Nopember menjuarai kelas tersebut dengan menggunakan bahan bakar *gasoline (petrol)*.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan desain pembuatan suspensi depan kendaraan untuk kompetisi *Shell Eco Marathon* di kelas *Urban Concept*.
2. Bagaimana menentukan proses pembuatan suspensi depan kendaraan *Urban Concept* untuk kompetisi *Shell Eco Marathon*.

1.3. Tujuan

1. Menghasilkan suspensi yang dapat meredam kejutan pada bagian depan kendaraan yang terjadi karena permukaan jalan tidak rata.
2. Menghasilkan rancangan suspensi yang lebih sederhana dibandingkan suspensi lainnya.
3. Memberikan kontribusi pada bobot kendaraan agar semakin ringan.

1.4. Batasan Masalah

Untuk mencegah meluasnya pembahasan didalam pengerjaan tugas akhir ini, maka perlu dilakukan pembatasan masalah, mengingat kompleksitas permasalahan. Ruang lingkup tugas akhir ini hanya dititikberatkan pada pembahasan bagaimana mendesain dan memilih komponen dan bahan serta langkah-langkah proses pembuatan suspensi. Adapun batasan masalah dalam pembuatan suspensi adalah sebagai berikut :

1. Jenis Suspensi *Independent*
2. Model Suspensi *Double Wishbone*

1.5. Metodologi

Metodologi yang dilakukan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini adalah :

1. Identifikasi masalah.
2. Pengumpulan data dari kendaraan yang telah dibuat di kelas *Urban Concept* untuk kompetisi *Shell Eco Marathon*.
3. Perancangan suspensi depan.
4. Evaluasi dan pemilihan konsep.
5. Pembuatan suspensi depan.

1.6. Manfaat

Manfaat dari tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat mengembangkan dan membuat sistem suspensi depan untuk kendaraan perkotaan
2. Diharapkan desain dan *prototype* yang dibuat dapat diikuti sertakan dalam kompetisi *Shell Eco Marathon*.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KOMPETISI SHELL ECO MARATHON

Shell adalah suatu *group* perusahaan energi dan petrokimia global dengan lebih dari 93000 karyawan di hampir 90 negara. *Event Shell Eco Marathon* adalah salah satu jenis *corporate responsibility* dari perusahaan *Shell*. *Shell Eco Marathon* adalah kompetisi yang menantang siswa SMA dan mahasiswa dari seluruh dunia untuk mendesain, membangun, dan menguji kendaraan yang memiliki efisiensi tinggi. Dengan event tahunan di *Americas*, *Europe*, dan *Asia*. Pemenang *event Shell Eco Marathon* adalah tim yang kendaraannya dapat menempuh jarak terjauh untuk konsumsi energi yang paling sedikit. Kompetisi ini bermula pada tahun 1939, dimana kedua orang ilmuwan dari laboratorium riset *Shell* berkompetisi untuk menguji kendaraan mana yang dapat menempuh jarak paling jauh dengan konsumsi 1 *gallon* bahan bakar⁽⁸⁾.



Gambar 2. 1 Kendaraan Kelas Urban Concept Shell Eco Marathon

Dari sejarah yang sederhana ini, kompetisi *Shell Eco Marathon* digelar pada tahun 1985 di Prancis⁽⁸⁾. Kompetisi ini mulai menarik ribuan insinyur dan ilmuwan muda dari 20 negara di Eropa. Pada tahun 2012 ini kompetisi ini diselenggarakan di 3 benua yang berbeda, yaitu Eropa (*Rotterdam, Belanda*)⁽³⁾, Amerika (*Discovery Green Track, Houston, Texas*)⁽⁴⁾, dan di Asia (*Sepang Internasional Circuit, Malaysia*)⁽⁵⁾.

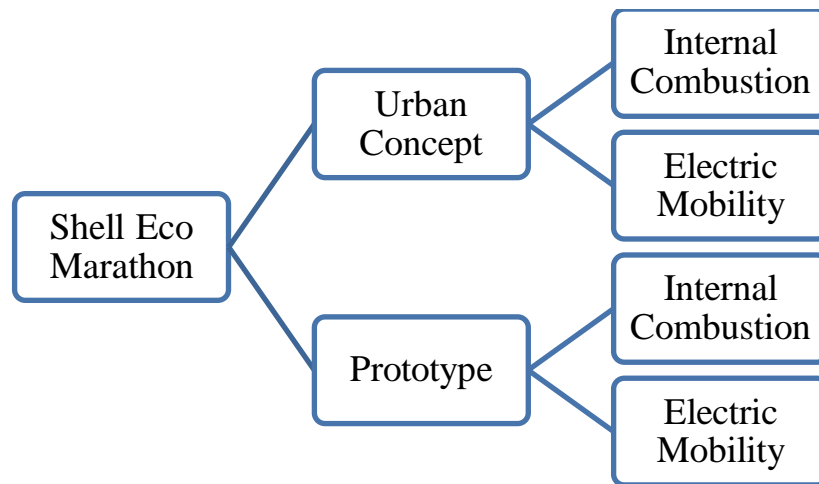


Diagram 2. 1 Pembagian kelas utama pada kompetisi *Shell Eco Marathon*.

2.2 SUSPensi

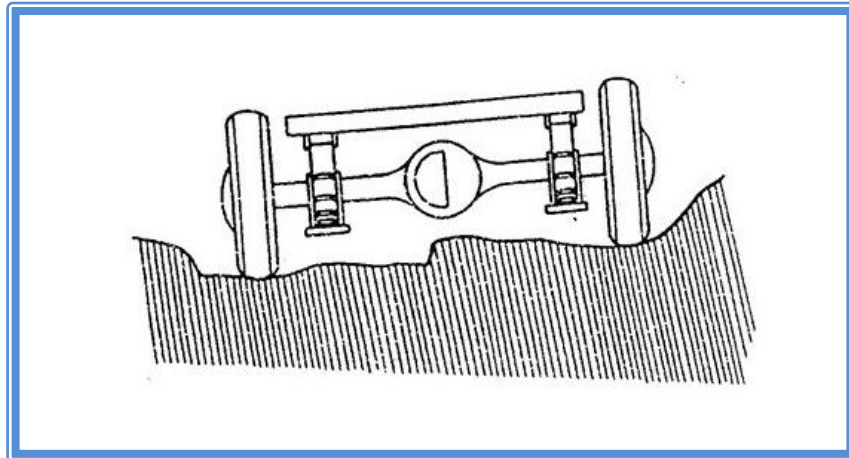
Sistem suspensi adalah mekanisme yang ditempatkan diantara body atau rangka dan roda-roda yang berfungsi untuk menahan kejutan-kejutan yang ditimbulkan oleh keadaan jalan, sehingga memberikan kenyamanan dan stabilitas berkendara serta memperbaiki kemampuan cengkram roda terhadap jalan.

Suspensi menghubungkan body kendaraan dengan roda-roda dan berfungsi sebagai berikut :

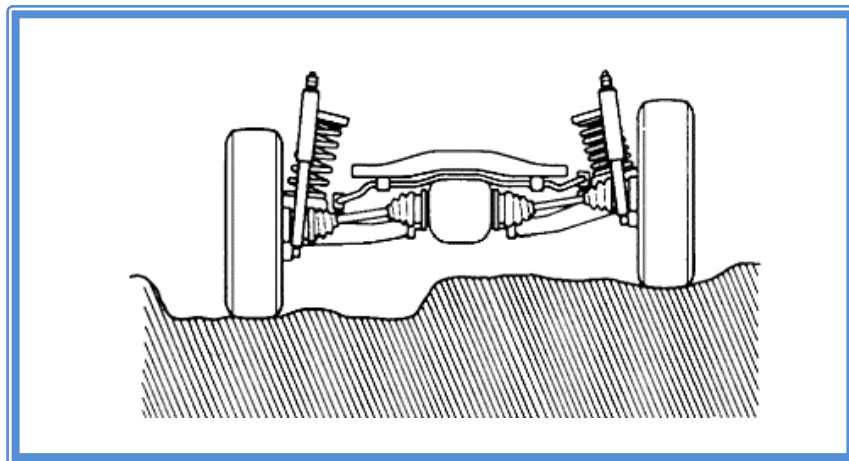
- Selama berjalan, kendaraan secara bersama-sama dengan roda meredam getaran dan kejutan-kejutan dari permukaan jalan, hal ini untuk melindungi penumpang dan barang agar tetap aman, serta menambah kenyamanan dan stabilitas berkendara.
- Memindahkan gaya pengereman dan gaya gerak ke body melalui gesekan antara jalan dengan roda.
- Menopang body pada *axle* dan memelihara letak geometris antara body dan roda-roda.

2.3 MODEL SUSPensi

Suspensi dapat kita bagi dalam dua model, yaitu tipe poros pejal (*rigid axle type*) dan suspensi bebas (*independent suspensi*). Untuk suspensi tipe poros pejal roda kiri-kanan dipasangkan bersama pada sebuah poros (*single axle*). Sedangkan untuk suspensi tipe bebas roda kiri-kanan menggantung satu sama lainnya dengan bebas.



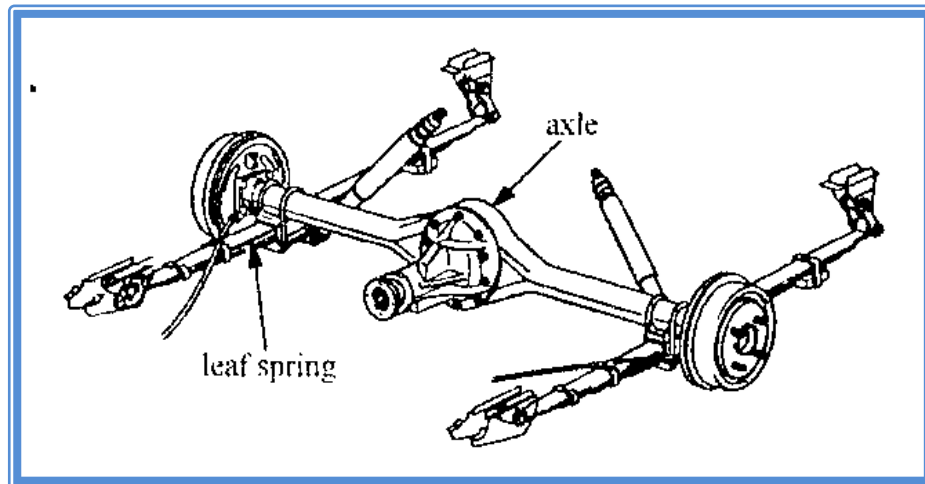
Gambar 2. 2 Suspensi Model Rigid



Gambar 2. 3 Suspensi Model Bebas

2.3.1 Suspensi model Poros Pejal (*Rigid Axle type Suspension*)

Pada suspensi model poros pejal, roda-roda kiri dan kanannya dipasangkan pada body di atas pegas-pegas dan merupakan poros tunggal. Suspensi model ini mempunyai konstruksi yang sederhana dan kuat seperti yang terlihat pada gambar 2.21, oleh karena itu banyak digunakan sebagai suspensi depan dan belakang pada mobil truk dan untuk suspensi belakang pada mobil-mobil penumpang.



Gambar 2.4. Suspensi Model Poros Pejal

2.3.2 Suspensi model Bebas (*Independent Suspension*)

Pada suspensi model bebas, penyanggan roda kiri dan kanan secara bebas yang memungkinkan tiap roda bekerja sendiri menerima kejutan yang diakibatkan oleh permukaan jalan.

Dibandingkan dengan model rigid, suspensi model bebas memberikan kenyamanan pada penumpang dan kemampuan yang baik melekat pada jalan.

Jenis-jenis suspensi model bebas (*independent suspension*) :

❖ Tipe *Double Wishbone*

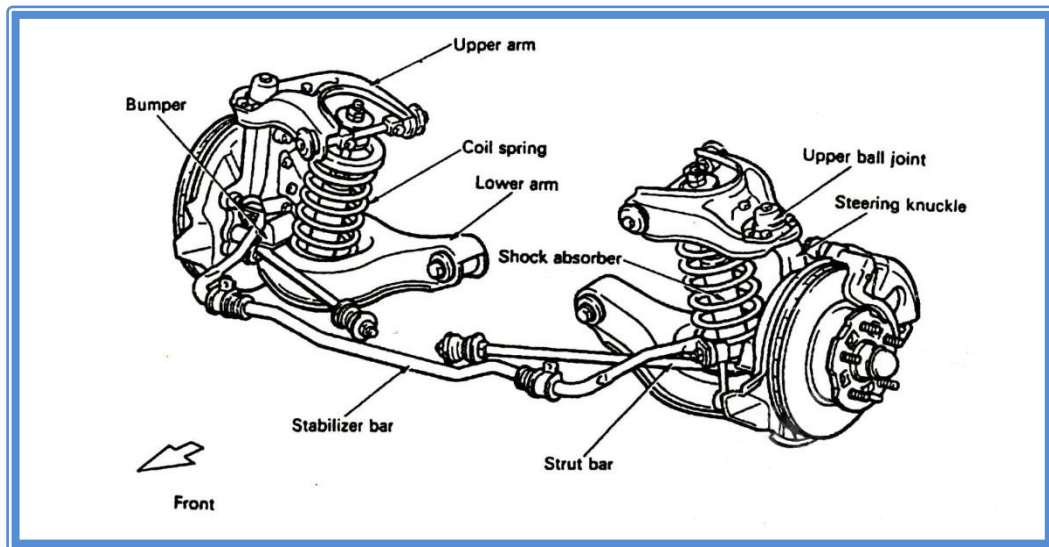
Suspensi model bebas ini banyak digunakan pada roda depan mobil penumpang dan truk kecil. Model *double wishbone* ini terdiri dari dua jenis yaitu *Wishbone* dengan *coil spring* dan *Wishbone* dengan batang torsi.

Pada *Wishbone* dengan pegas *coil*, roda dipasang pada body melalui dua lengan suspensi (*upper* dan *lower arm*). Shock absorber dan pegas koil dipasang diantara kedua *arm* tersebut diatas, *steering knuckle* atau *frame* melalui *bushing*, dan ujung lainnya pada *steering knuckle* melalui *ball joint*. Bagian atas *shock absorber* diikat pada *body* atau *frame*, dan bagian bawahnya ke *lower arm*. Pegas koil terletak diantara *lower arm* dan *body* atau *frame*.

Pada suspensi jenis ini besarnya *camber* dan *tread* akan berubah-ubah, tergantung pada perbedaan panjang antara *upper* dan *lower arm*. Bila *upper* dan *lower arm* mempunyai panjang yang sama, maka *tread*nya akan berubah, sedangkan *camber* nya tetap. Sedangkan jika *upper arm* nya lebih pendek dari *lower arm*, *tread*

Tugas akhir

nya tidak akan berubah melainkan cambernya yang akan berubah, seperti terlihat pada gambar 2.22.



Gambar 2.5. Suspensi tipe *Double Wishbone*

Pada prakteknya, *upper arm* dibuat lebih pendek dari *lower arm*, walaupun camber berubah-ubah, tetapi treadnya tidak berubah dan hal ini dibuat untuk mencegah keausan ban.

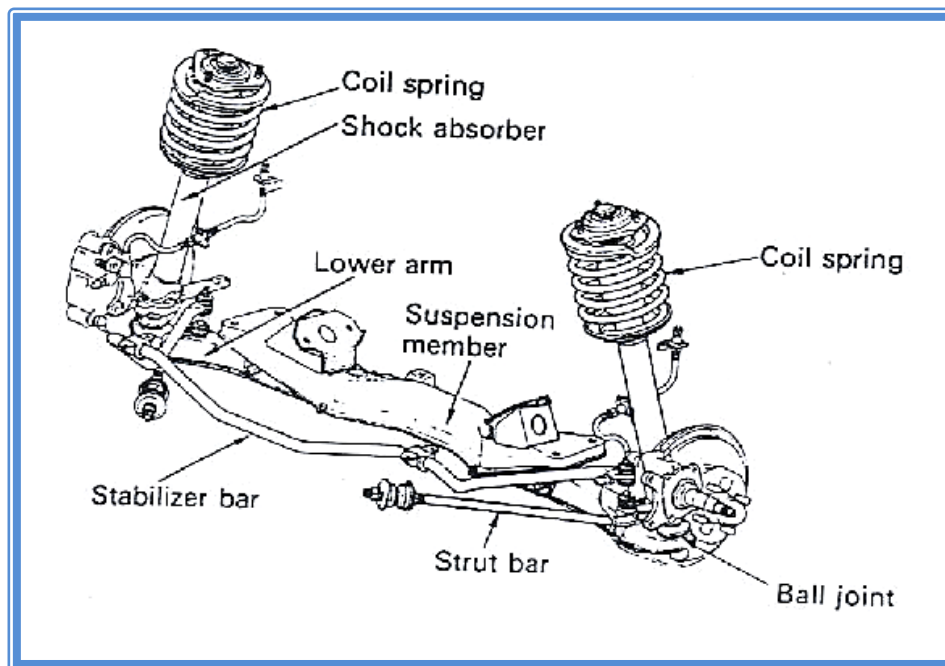
Untuk batang torsi dipasang pada *upper* dan *lower arm* dihubungkan pada *suspension member* melalui *bushing* karet. *Upper arm* dihubungkan ke poros dengan *bushing*. *Torque arm* diikatkan pada *upper arm* belakang dengan dua baut. Bagian depan dari setiap batang torsi dimasukkan ke *torque arm* pada *upper arm*, dan bagian belakang dari batang torsi dipasang ke dalam *anchor arm* yang diikatkan ke *cross member* dengan baut penyetel *anchor arm* sehingga penyetelan tinggi kendaraan menjadi mudah. Masing-masing batang torsi dilengkapi dengan tutup debu untuk menjaga agar lumpur, air, dan kotoran lain tidak masuk.

Model *Wishbone* yang dipakai pada roda depan, umumnya untuk mobil minibus seperti : Isuzu Panther, Mitsubishi L300, dan Toyota Kijang. Sedangkan untuk model *Wishbone* yang dipakai pada roda depan dan belakang yaitu pada kendaraan jenis sedan seperti : Mercedes-Benz, BMW, Honda Civic, dll.

❖ Tipe MacPherson Strut

Suspensi ini banyak digunakan pada roda depan mobil ukuran kecil dan medium. Komponen suspensi tipe *strut* adalah *lower arm*, *strut bar*, dan *strut assembly*.

Ujung *lower arm* dipasang pada *suspension member* melalui *bushing* karet dan dapat bergerak naik turun. Ujung lainnya dipasang ke *steering knuckle arm* melalui *ball joint*.



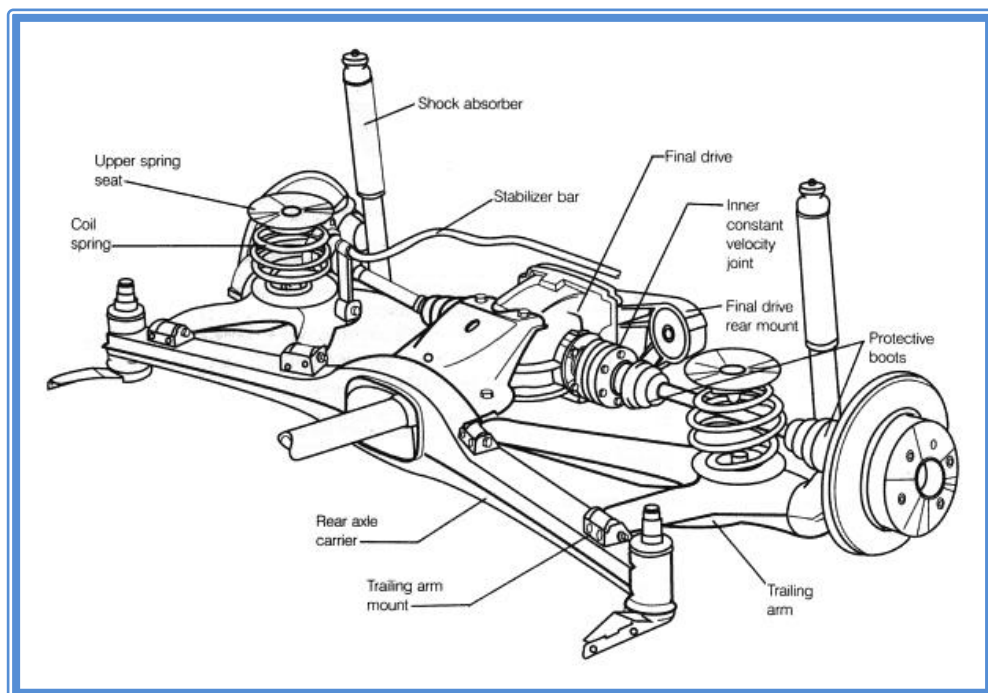
Gambar 2.6. Suspensi tipe MacPherson Strut

Tipe ini memiliki konstruksi yang sederhana, karena hanya memiliki satuudukan dan tidak memiliki lengan atas (*upper arm*), sehingga memungkinkan membuat ruang mesin lebih besar dan memudahkan dalam pekerjaan servis mesin. Keuntungan lainnya adalah tidak diperlukannya penyetelan roda, hanya dalam penyetelan *toe-in*.

Tipe suspensi ini umumnya digunakan pada roda depan kendaraan, tetapi ada juga yang digunakan untuk roda depan dan belakang pada beberapa kendaraan sedan untuk berbagai merk seperti : Toyota Corolla great, Suzuki Esteem, Baleno, Mitrubishi Eterna.

❖ Tipe *Multilink*

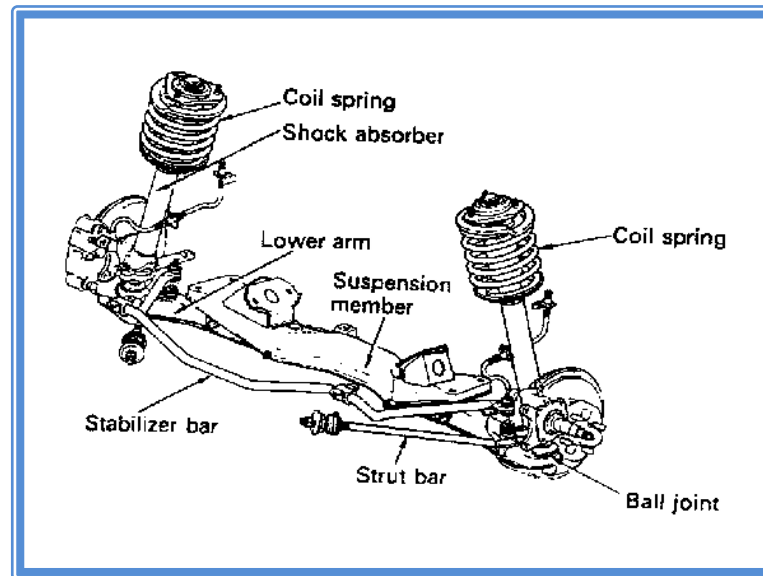
Suspensi tipe *Multilink* ini adalah suatu jenis sistem suspensi yang berkembang menggantikan *semi-trailing link axle* dan berisi *link* (*trailing link*) pada tiap sisi. Link ini dituntun oleh dua atau bahkan tiga control arm yang melintang. *Trailing link* secara serempak berfungsi sebagai sebuah hubungan roda pembawa dan pengendali, memperoleh pergerakan sudut minor yang diperlukan untuk mengendalikan roda belakang. Keuntungan utama adalah sistem kinematik yang elastis. Suspensi jenis ini biasanya digunakan pada roda belakang kendaraan Volvo.



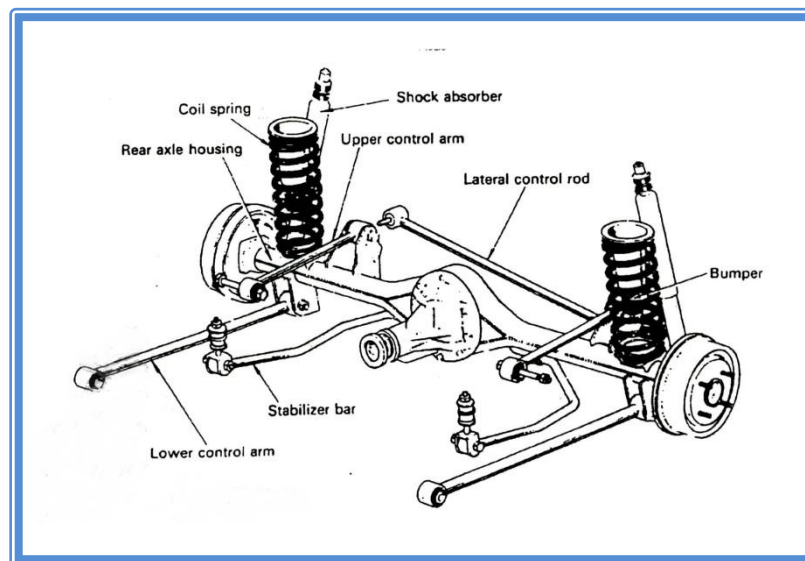
Gambar 2.7. Suspensi tipe Multilink

2.4 Komponen Utama Suspensi

Sistem suspensi terdiri dari komponen-komponen seperti pegas, *shock absorber*, *suspension arm*, *ball joint*, *bushing* karet, *strut bar*, *stabilizer bar*, *lateral control rod*, *control arm*, dan *bumper*. Dari komponen-komponen tersebut hanya pegas dan *shock absorber* yang umumnya digunakan pada sistem suspensi, sedangkan untuk komponen yang lainnya digunakan hanya pada model tertentu saja.



Suspensi Depan



Suspensi Belakang

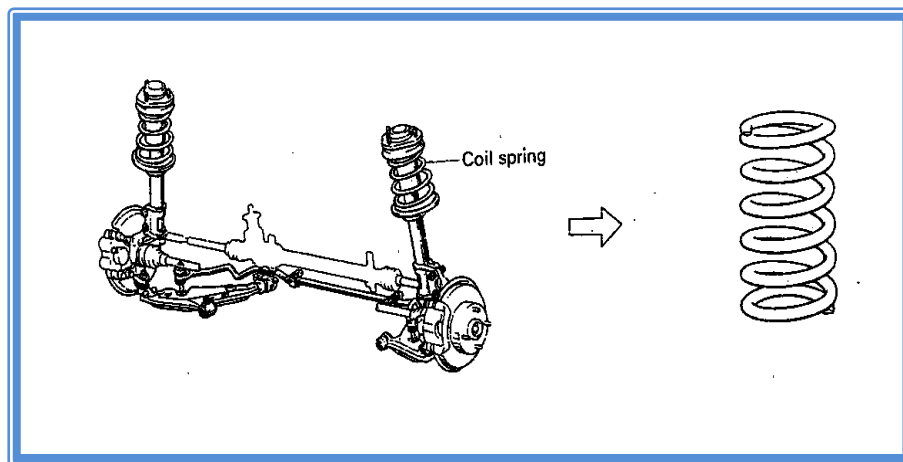
Gambar 2.8. Suspensi Depan dan Belakang

2.4.1 Pegas

Pada sistem suspensi, pegas berfungsi untuk menyerap kejutan yang ditimbulkan oleh keadaan permukaan jalan dan getaran roda tidak diteruskan ke *body* kendaraan secara langsung.

- **Pegas koil (*coil spring*)**

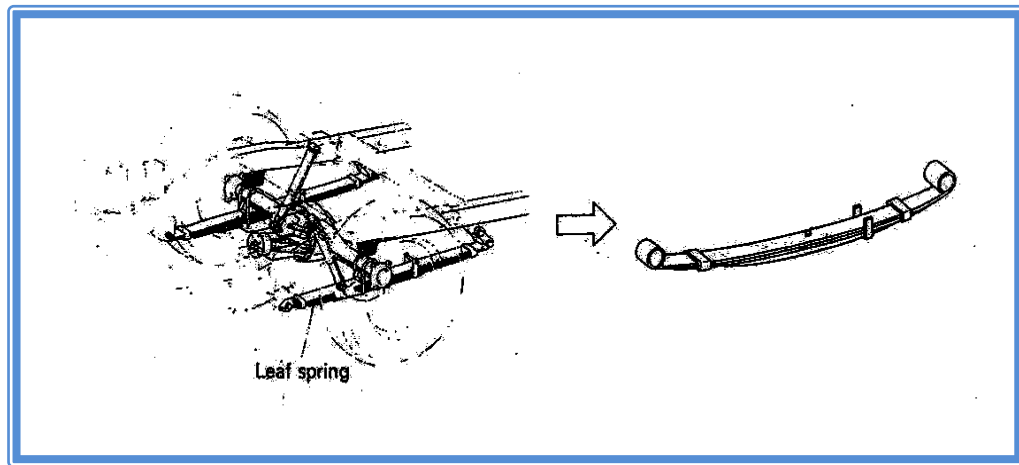
Pegas koil terbuat dari sebuah gulungan batang baja dalam bentuk koil. Dibandingkan dengan pegas daun, pegas koil mempunyai pengaruh tahanan yang lebih baik terhadap kejutan-kejutan dan juga tidak terdapat gesekan-gesekan bila terjadi defleksi. Akan tetapi pegas koil tidak memiliki sifat menyerap kejutan yang cukup baik, dengan demikian *shock absorber* harus selalu digunakan bersamaan



Gambar 2.9. Pegas Koil

- **Pegas daun (*leaf spring*)**

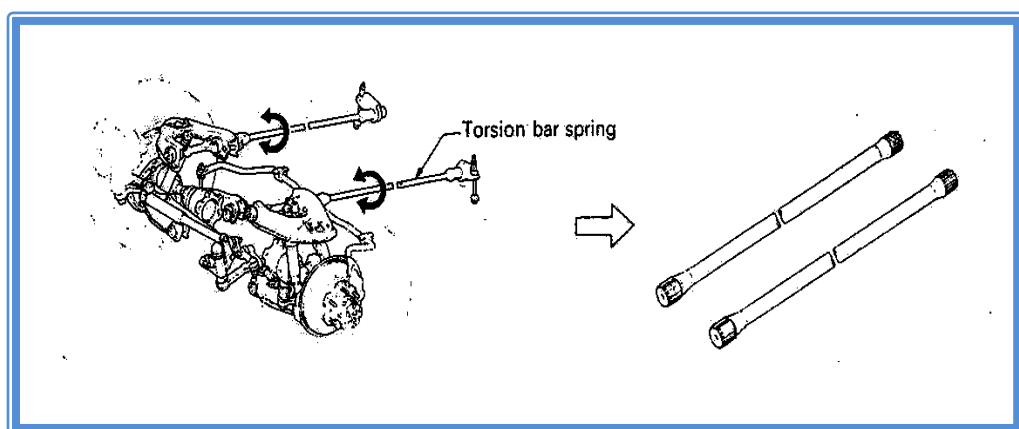
Pegas daun terdiri dari 3 sampai 10 lembar pelat baja yang tebalnya 2 – 6 mm dan disusun mulai dari pegas yang terpendek yang terletak di bagian bawah dan disatukan dengan jalan dikeling atau dibaut di bagian tengahnya. Pada kedua ujung pegas yang terpanjang dibulatkan membentuk mata pegas untuk memungkinkan pemasangan pegas pada rangka. Pegas daun berbentuk elip untuk mempertinggi elastisitasnya. Bila pegas-pegas melentur, maka akan terjadi gesekan di antara lembaran pegas dan mengakibatkan adanya gaya untuk memberhentikan lenturan tersebut. Karena itu, pegas dengan jumlah yang banyak pada umumnya akan lebih keras atau lebih kaku dan cenderung membuat jalannya kendaraan menjadi kasar.



Gambar 2.10. Pegas Daun

- **Pegas batang torsi (*torsion bar spring*)**

Pada batang pegas torsi digunakan batang pegas baja yang elastic. Bila salah satu ujung pegas batang dikaitkan dengan keras dan pada ujung lainnya dipasangkan arm, dan bila arm ini bergerak ke atas dan ke bawah, maka batang akan cenderung menahan gerakan, ini akan menghasilkan efek penyerapan yang sama dengan pegas model daun dank oil. Pegas torsi amat sederhana konstruksinya dan juga tidak terlalu berat. Pegas ini banyak digunakan pada mobil-mobil kecil, dan umumnya suspensi depan.



Gambar 2.11. Pegas Batang Torsi

2.4.2 Shock Absorber

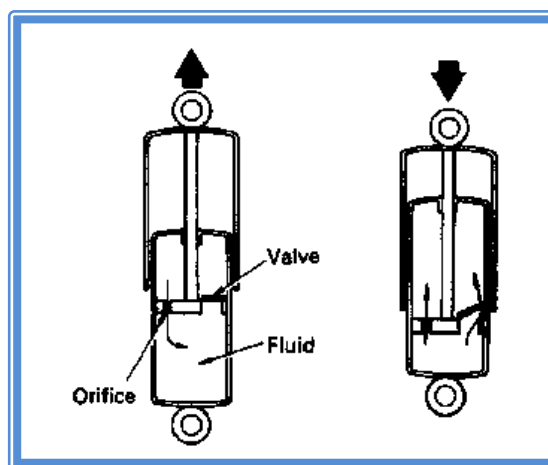
Apabila pada suspensi hanya terdapat pegas, kendaraan akan cenderung berosilasi naik turun pada waktu menerima kejutan dari jalan. Akibatnya kendaraan menjadi tidak nyaman. Untuk itu *shock absorber* dipasang untuk meredam osilasi dengan cepat agar memperoleh kenyamanan dalam berkendara dan kemampuan cengkraman ban terhadap jalan menjadi lebih baik. Dengan demikian, *shock absorber* digunakan untuk meredam elastis pegas yang berlebihan serta cenderung bergerak ke atas dan ke bawah setelah roda mendapat benturan.

Shock absorber dapat digolongkan menurut 3 cara, yaitu berdasarkan cara kerjanya, konstruksi, serta medium kerjanya.

1. Menurut cara kerjanya

- *Shock absorber* kerja tunggal (*single action*)

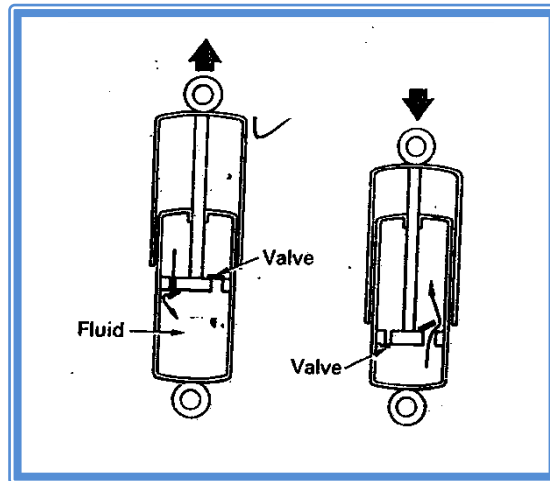
Efek meredam shock absorber kerja tunggal terjadi pada waktu shock absorber berekspansi, sedangkan pada saat kompresi tidak terjadi efek meredam.



Gambar 2.12. *Shock absorber* kerja tunggal

- *Shock absorber* kerja ganda (*multiple action*)

Untuk shock absorber kerja ganda, efek peredaman terjadi pada saat ekspansi maupun kompresi. Pada umumnya kendaraan sekarang menggunakan jenis ini.

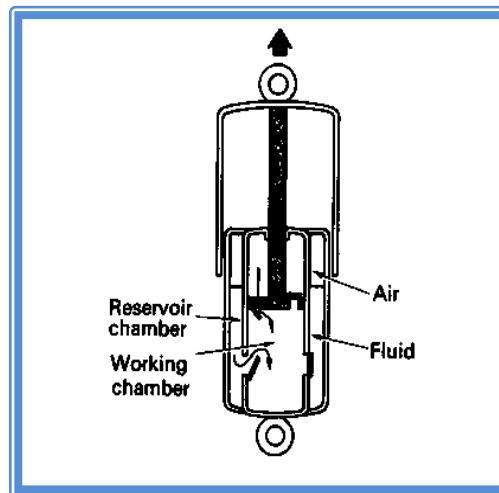


Gambar 2.13. Shock absorber kerja ganda

2. Penggolongan menurut konstruksinya

- Shock absorber tipe twin tube

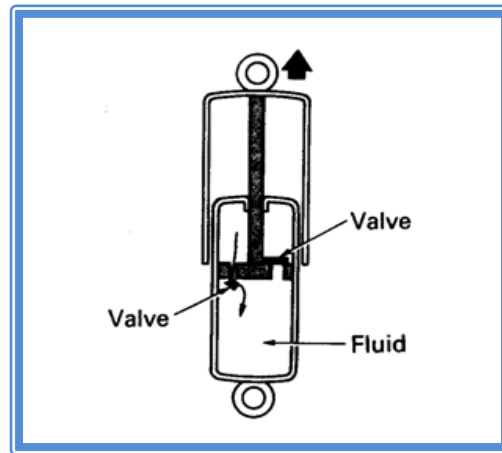
Di dalam *shock absorber twin tube* terdapat *pressure tube* dan *outer tube* yang membatasi *working chamber* (silinder dalam) dan *reservoir chamber* (silinder luar).



Gambar 2.14. Shock absorber tipe twin tube

- Shock absorber tipe mono-tube

Di dalam *shock absorber* hanya terdapat satu silinder (tanpa *reservoir*).



Gambar 2.15. Shock absorber tipe mono-tube

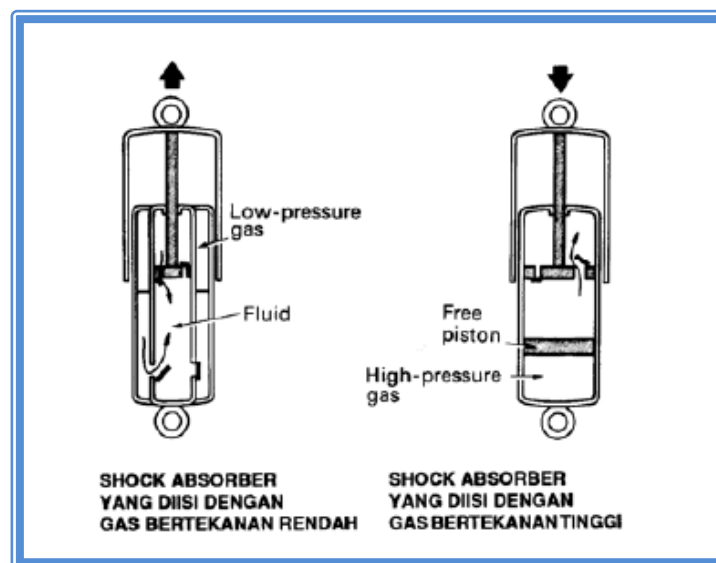
3. Penggolongan menurut medium kerjanya

- Shock absorber tipe hidrolik

Di dalamnya hanya terdapat minyak shock absorber sebagai medium kerjanya.

- Shock absorber berisi gas

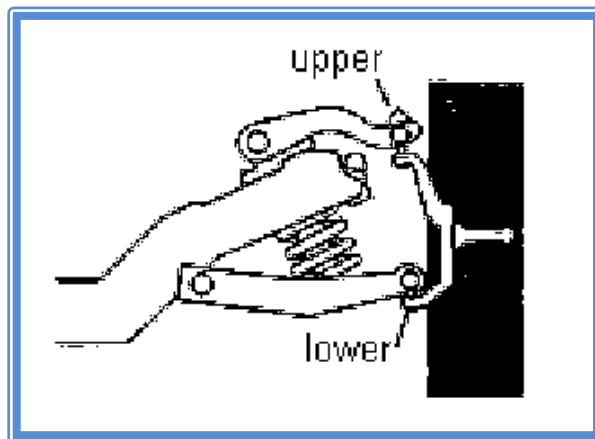
Shock absorber tipe ini merupakan shock absorber hidrolik yang diisi dengan gas dan biasanya gas yang digunakan adalah nitrogen. Untuk gas bertekanan rendah, tekanannya sebesar 10-15 kg/cm², sedangkan untuk tekanan tinggi sebesar 20-30 kg/cm².



Gambar 2.16. Shock absorber berisi gas

2.4.3 Ball Joint

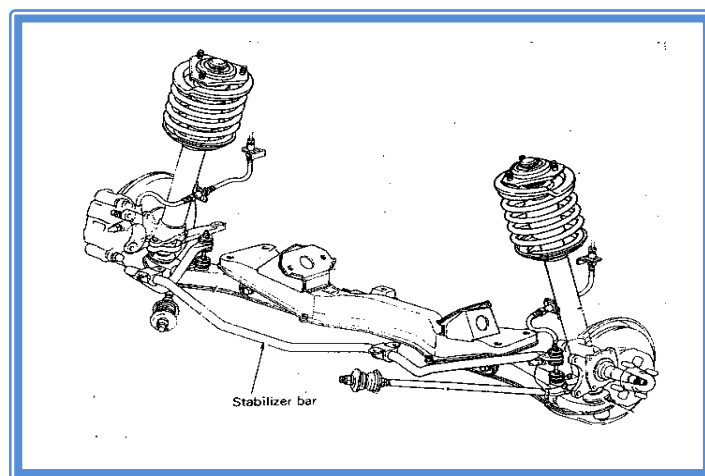
Ball Joint berfungsi sebagai sumbu putaran roda pada saat kendaraan membelok. Di bagian dalam *ball joint* terdapat gemuk untuk melumasi bagian yang bergesekan pada setiap interval tertentu, gemuk harus diganti dengan tipe *molybdenum disulfide lithium base*.



Gambar 2.17. Ball Joint

2.4.4 Stabilizer Bar

Stabilizer bar berfungsi untuk mengurangi kemiringan kendaraan akibat gaya sentrifugal pada saat kendaraan membelok dan juga meningkatkan traksi ban. Untuk suspensi depan, *stabilizer bar* biasanya dipasang pada kedua *lower arm* melalui bantalan karet dan *linkage*. Pada bagian tengah diikat ke *frame* atau *body* pada dua tempat melalui *bushing*.



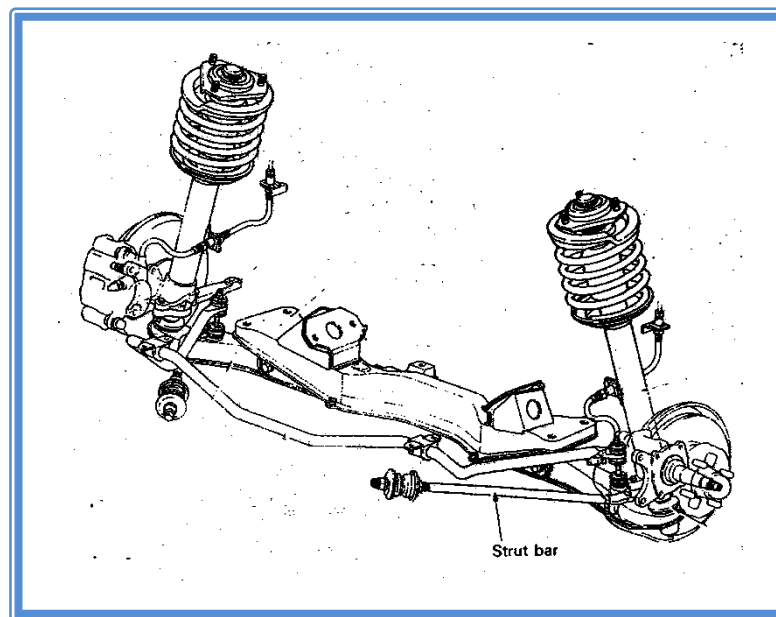
Gambar 2.18. Stabilizer Bar

Bila roda kanan dan kiri bergerak ke atas dan ke bawah secara bersamaan dengan arah dan jarak yang sama, stabilizer bar harus bebas dari puntiran.

Umumnya pada saat kendaraan membelok, pegas roda bagian luar (*outer spring*) tertekan dan pada pegas roda bagian dalam (*inner spring*) mengembang. Akibatnya *stabilizer bar* akan terpuntir karena salah satu ujungnya tertekan ke atas dan ujung lainnya bergerak ke bawah. Batang *stabilizer* cenderung menahan terhadap puntiran. Tahanan terhadap puntiran ini berfungsi mengurangi *body roll* dan memelihara *body* dalam batas kemiringan yang aman.

2.4.5 Strut Bar

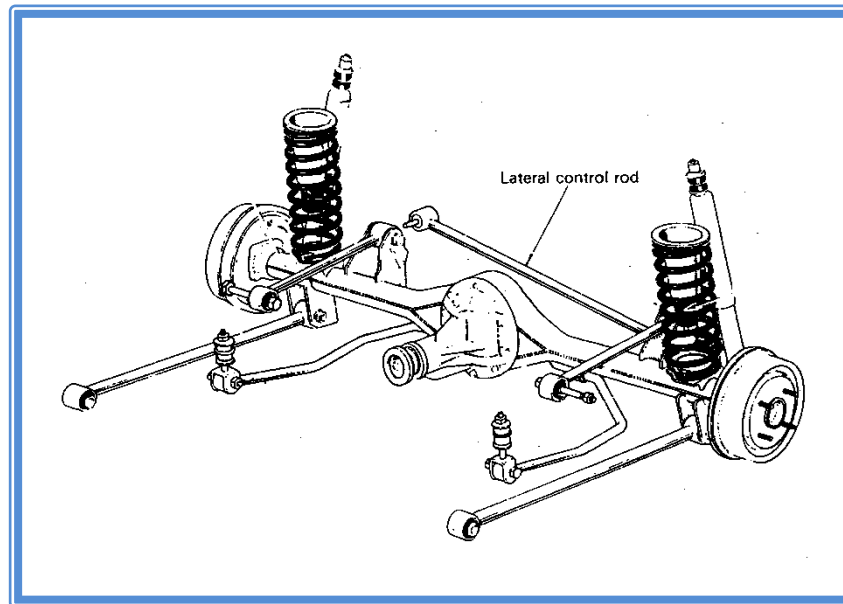
Strut Bar berfungsi untuk menahan *lower arm* agar tidak bergerak maju atau mundur pada saat menerima kejutan dari permukaan jalan yang tidak rata atau dorongan akibat terjadinya pengereman.



Gambar 2.19. *Strut Bar*

2.4.6 Lateral Control Rod

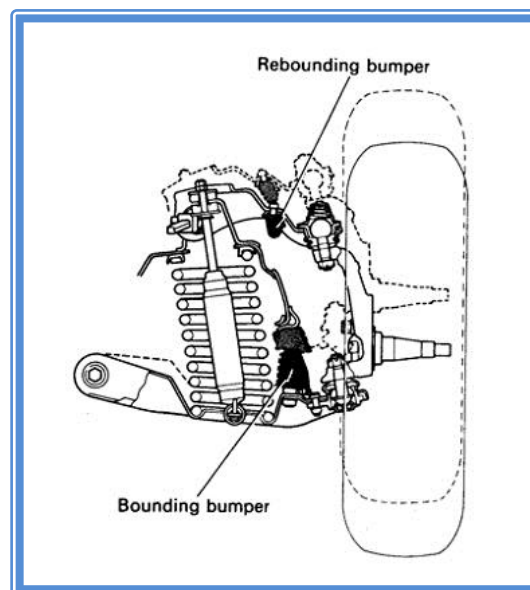
Lateral control rod dipasang diantara *axle* dan *body* kendaraan. Tujuannya untuk menahan *axle* berada pada posisinya terhadap beban dari samping.



Gambar 2.20. Lateral Control Rod

2.4.7 Bumper

Pada saat kendaraan melalui jalan yang berlubang atau tonjolan besar, pegas mengerut dan mengembang secara berlebihan. Keadaan ini dapat menyebabkan kerusakan pada komponen lainnya. Untuk itu *rebounding bumper* dipasang sebagai pelindung *frame*, *axle*, *shock absorber* dan lainnya pada waktu pegas mengerut dan mengembang di luar batas maksimumnya.



Gambar 2.21. Bumper

BAB III

METODOLOGI

❖ Diagram Perancangan Suspensi Depan



Diagram 3. 1 Perancangan Suspensi Depan

3.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan melakukan survey lapangan, wawancara peserta kompetisi *Shell Eco Marathon* pada kelas *Urban Concept* dari Indonesia, dan buku referensi tentang desain *body* kendaraan *Shell Eco Marathon*. Selain itu merujuk kepada yang telah orang lain lakukan, kemudian melakukan pengembangan agar kendaraan menjadi lebih baik.

3.2 Batasan desain

Dengan memperhatikan luasnya bidang pembahasan sistem suspensi, maka penulis perlu memberikan batasan pembahasan, yaitu :

1. Pembahasan tentang desain dan pembuatan sistem suspensi depan kendaraan *Urban Concept* untuk kompetisi *Shell Eco Marathon*.
2. Jenis suspensi *Independent*.
3. Model suspensi *Double Wishbone*.

3.3 Draft desain

Setelah pengumpulan data dan informasi selesai, maka proses selanjutnya adalah membuat draft desain suspensi depan kendaraan *Urban Concept* untuk kompetisi *Shell Eco Marathon*. Draft desain suspensi depan ini bukanlah konsep akhir dari suspensi depan, melainkan draft dari desain suspensi depan yang dapat dirubah.

3.4 Simulasi desain

Setelah desain suspensi kendaraan selesai, maka akan dilakukan simulasi desain kendaraan. Simulasi awal dilakukan dengan pengujian dalam 3D modeling pada *software Solidworks 2014*, pada *software* tersebut dapat diketahui gerakan dan getaran dari suspensi depan bila melewati permukaan jalan yang tidak rata.

3.5 Gambar teknik

Setelah simulasi selesai dilakukan, maka akan dilanjutkan pada pembuatan gambar teknik. Untuk gambar dimensi setiap *part* secara lengkap akan disajikan pada lampiran.

3.6 Pembuatan

Setelah semua langkah dalam perancangan dan pemilihan desain telah selesai, proses pembuatan dan perakitan sistem suspensi depan akan sesuai dengan hasil dari desain rancangan yang telah ditentukan.

BAB IV

DESAIN SUSPensi KENDARAAN

4.1. Perancangan Sistem Suspensi Depan

Dari Membaca sebuah artikel tentang masalah perancangan suspensi depan, munculah sebuah ide untuk merancang suspensi depan kendaraan *Urban Concept* untuk kompetisi *Shell Eco Marathon* dengan menggunakan suspensi *Independent Double Wishbone*.

Sama hal nya pada kendaraan umumnya, kendaraan *Urban Concept* pada kompetisi *Shell Eco Marathon* menggunakan sistem suspensi *Independent Double Wishbone*. Dimana roda dipasang pada body melalui dua lengan suspensi (*upper* dan *lower arm*). *Shock absorber* dan pegas koil dipasang diantara kedua *arm* tersebut diatas. Desain ini dibuat berdasarkan beberapa alasan sebagai berikut :

1. Dimensi kendaraan yang lebih kecil dari mobil pada umumnya
2. Beban yang diterima oleh mobil lebih ringan
3. Desain lebih sederhana
4. Dapat meningkatkan kenyamanan

Dari pemikiran-pemikiran tersebut alangkah baiknya kita merancang terlebih dahulu ide yang ada, kita tuangkan dalam bentuk nyata menggunakan *sketch*. Tujuan dari kita merancang adalah ingin mendapatkan hasil yang serupa dengan aslinya tanpa mengeluarkan banyak biaya apabila terjadi kesalahan.

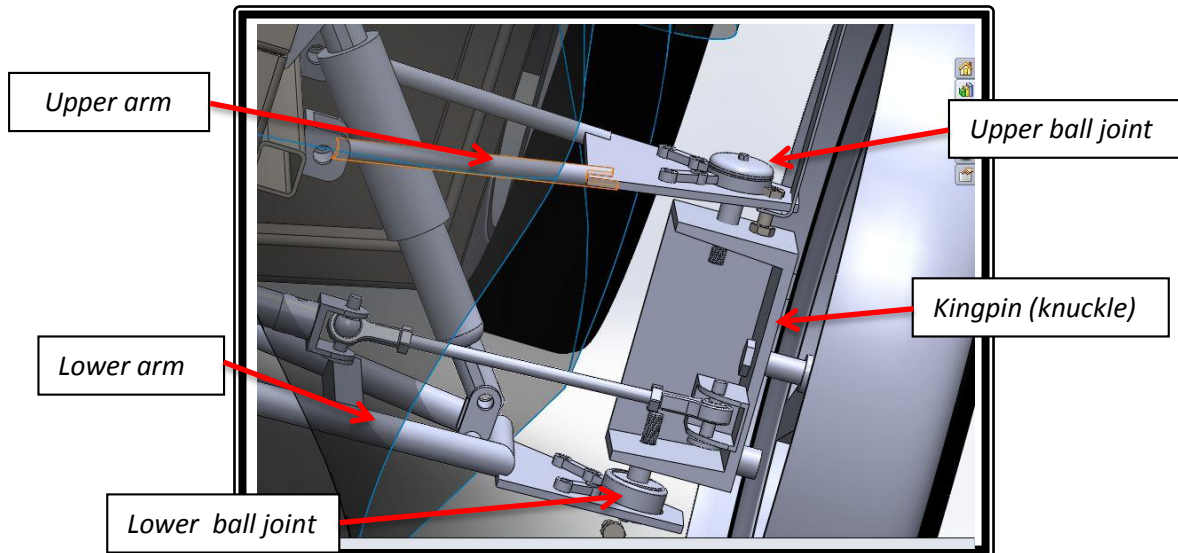
Rancangan biasanya dibuat dalam bentuk gambar. Didalam gambar kita masih bisa merancang langsung membuat bentuk aslinya. Jika terjadi kesalahan, kita tidak akan menghabiskan banyak biaya.

Untuk mendesainpun dapat dilakukan dengan menggunakan bermacam macam *software*, seperti *Mechanical Desktop*, *Solidworks*, *Catia* dan lain sebagainya. Pada perancangan sistem suspensi depan ini, *software* yang digunakan adalah *Solidworks 2014*.

4.1.1. 3D Modeling

3D modeling adalah proses perancangan suspensi dalam bentuk 3 dimensi. Perancangan suspensi tersebut menggunakan *software solidworks* untuk mempermudah dalam proses perancangan.

Desain ini dibuat dengan tata letak yang telah dipertimbangkan sedemikian rupa. Berikut adalah gambar sistem suspensi depan pada kendaraan *Urban Concept Shell Eco Marathon* :



Gambar 4. 1 Bagian-bagian dari sistem suspensi depan

4.2. KOMPONEN-KOMPONEN UTAMA SUSPensi DEPAN

Komponen suspensi, berdasarkan desain yang dirumuskan, tersusun atas lengan ayun (*upper* dan *lower arm*), peredam kejut (*shock absorber*), *knuckle*, dan *ball joint*.

Beberapa komponen yang disebutkan telah tersedia dipasaran, sedangkan beberapa komponen yang lainnya tidak tersedia secara langsung, maka dilakukanlah proses pembuatan komponen yang belum tersedia dipasaran. Tabel 4.1 menunjukkan jenis komponen sistem suspensi dan tersedia atau tidaknya dipasaran.

Jenis Komponen	Ketersediaan		Keterangan
	Ada	Tidak Ada	
Lengan ayun (<i>lower</i> dan <i>upper arm</i>)	-	✓	Pertimbangan untuk dibuat
Peredam kejut (<i>shock absorber</i>)	✓	-	-
<i>Balljoint</i>	✓	-	-

Tabel 4. 1 Komponen-komponen sistem suspensi dan tingkat ketersediaan di pasaran.

4.2.1. Komponen Standar

Komponen standar adalah komponen yang sudah tersedia dipasaran dan tidak lagi memerlukan proses pembuatan. Komponen tersebut adalah sebagai berikut :

- *Balljoint*



Gambar 4. 2 *Ball joint*

Ball joint adalah bagian dari sistem suspensi *double wishbone* ini, terdapat pada *arm* atau sering disebut sebagai kaki udang, baik berada pada *upper arm* maupun *lower arm*.

- *Shock Absorber*



Gambar 4. 3 *Shock Absorber*

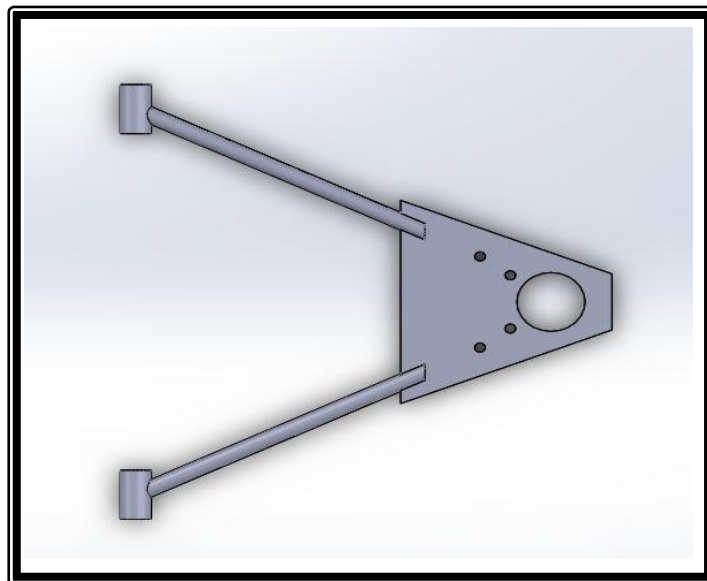
Shock Absorber yang dipertimbangkan untuk digunakan sebagai bagian suspensi depan adalah *shock absorber* Kayaba milik Yamaha Rx-King, karena *shock absorber* jenis ini mempunyai dimensi yang lebih kecil dari mobil pada umumnya.

4.2.2. Komponen yang dibuat

Komponen yang dibuat adalah komponen yang dirancang/dibuat sesuai dengan fungsi konstruksi berdasarkan perhitungan rancangan serta memerlukan berbagai proses pembuatan/proses pemesinan. Komponen yang dibuat sebagai berikut :

- *Upper Arm*

Upper Arm adalah lengan ayun bagian atas pada suspensi *double wishbone*. Pada *upper arm* terdapat rumah untuk *ball joint*. Bagian *upper arm* memiliki dimensi yang berbeda dengan bagian *lower arm*. Komponen *upper arm* dimensinya dibuat lebih pendek dari *lower arm*. Perbedaan dimensi ini bertujuan untuk dapat mempertahankan sudut *camber* sehingga nilainya relatif tetap atau tidak berubah-ubah.



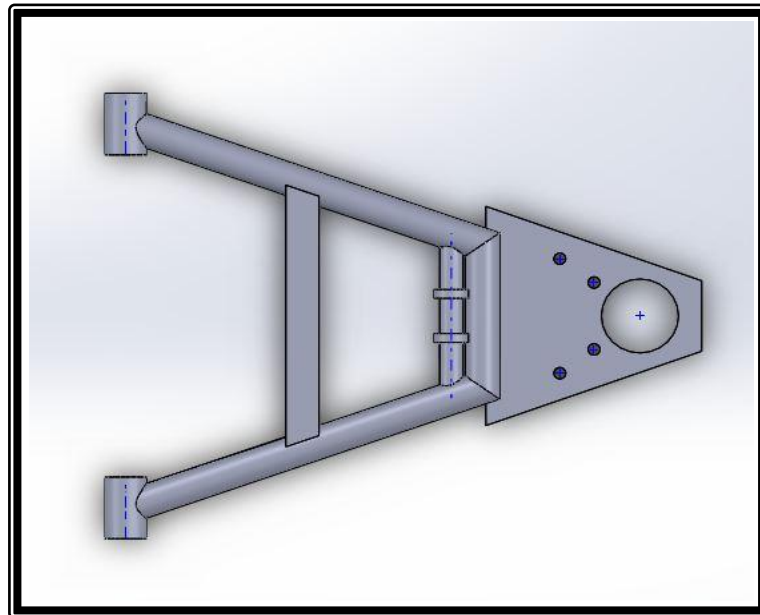
Gambar 4. 4 *Upper Arm*

- *Lower Arm*

Lower Arm adalah lengan ayun bagian bawah pada suspensi *double wishbone*. Pada konstruksi *lower arm* terdapatudukan untuk *shock absorber* dan rumah untuk *ball joint*. Komponen *lower arm* dimensinya dibuat lebih panjang dari *upper arm*.

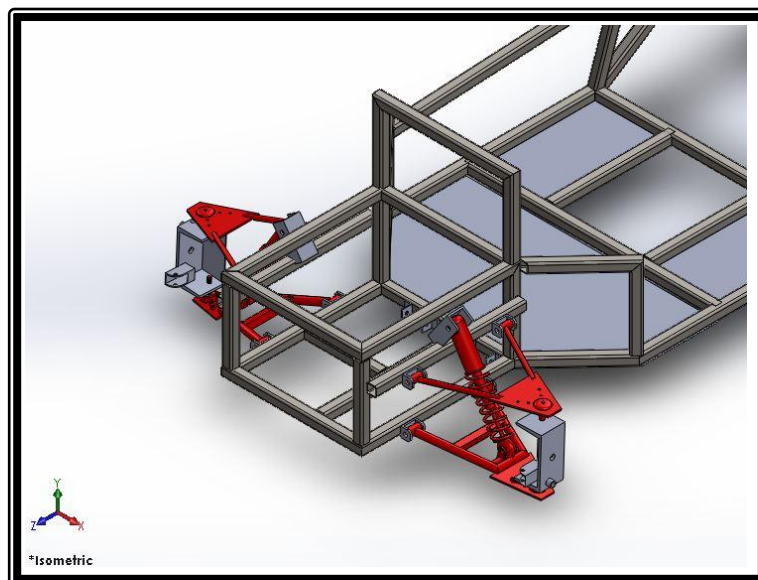
Tugas akhir

Perbedaan dimensi ini bertujuan untuk dapat mempertahankan sudut *camber* sehingga nilainya relatif tetap atau tidak berubah-ubah.



Gambar 4. 5 *Lower Arm*

4.3. INSTALASI SUSPensi DEPAN



Gambar 4. 6 Instalasi Suspensi Depan

Ini adalah gambar instalasi suspensi depan dan penempatannya pada rangka.

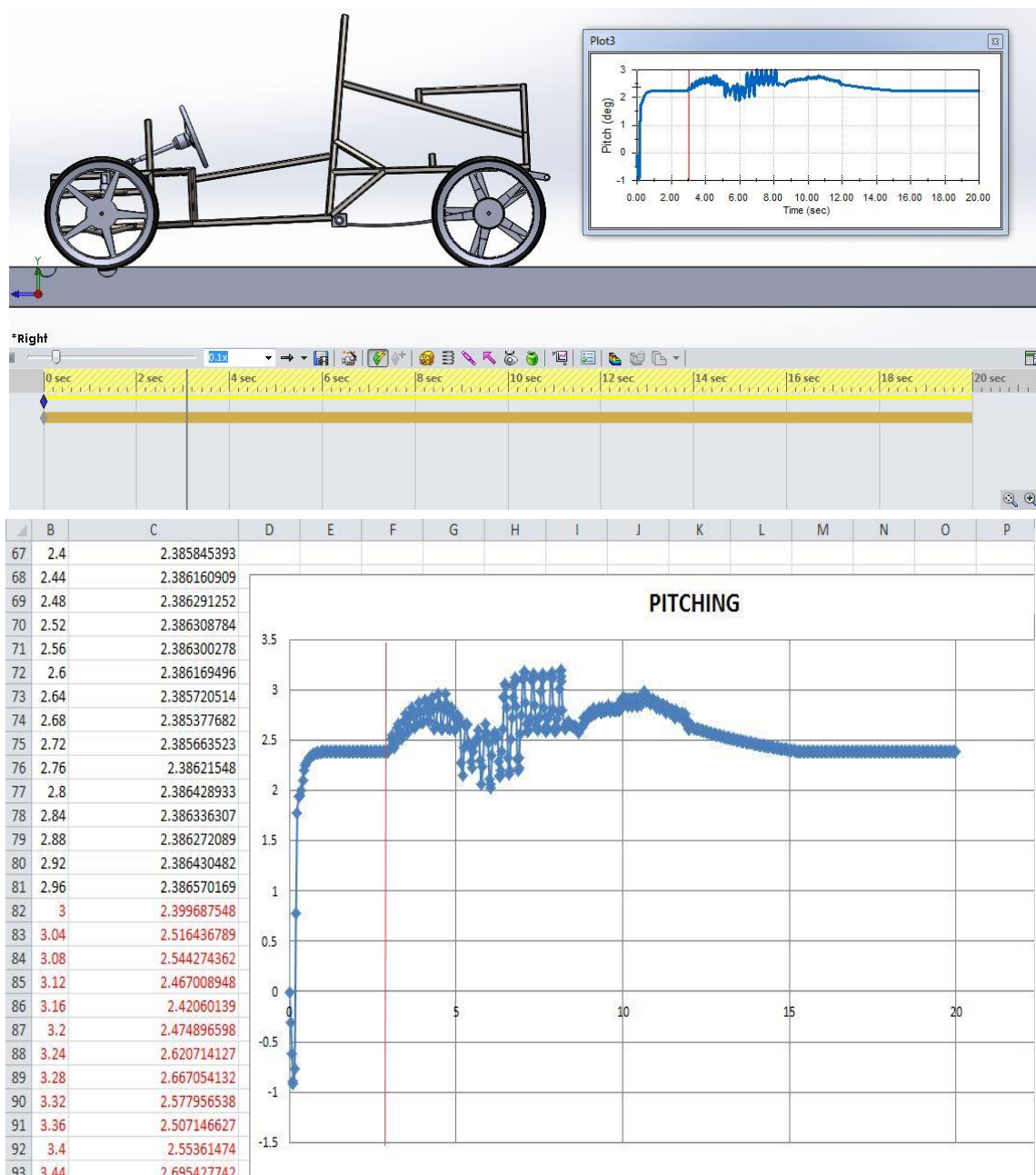
BAB V

SIMULASI DESAIN

5.1. SIMULASI DESAIN

Simulasi desain ini bertujuan untuk mengetahui gerak suspensi dan kendaraan pada saat melewati permukaan jalan yang tidak rata. Hal ini dapat terlihat pada gambar dan grafik hasil simulasi di bawah ini :

❖ Gerak Pitch

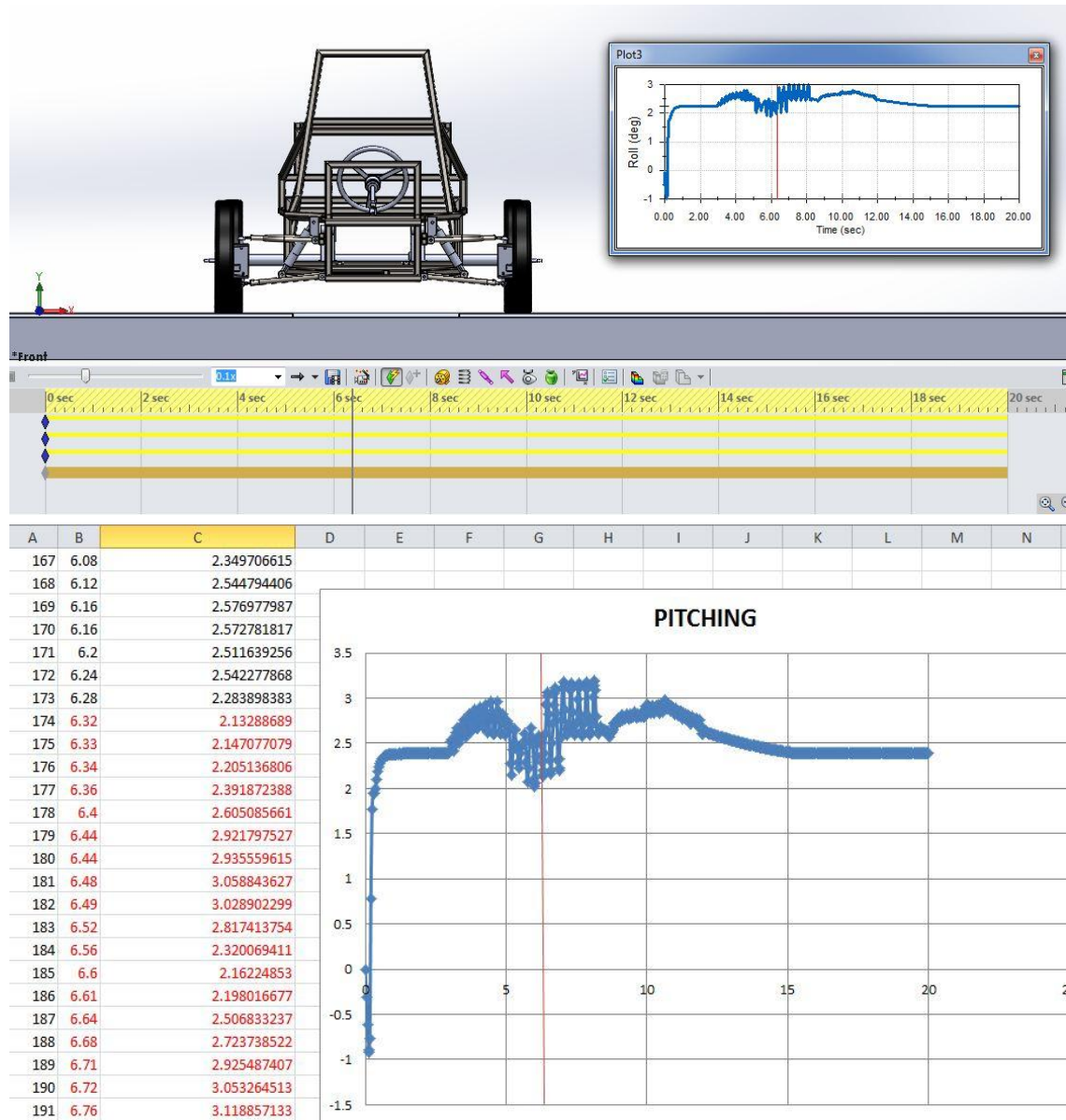


Gambar 5. 1 Data hasil simulasi untuk mengetahui grafik pada gerak pitch

Tugas akhir

Dari grafik dan gambar diatas menunjukkan bahwa bagian depan dan belakang kendaraan bergoyang ke atas dan ke bawah terhadap titik pusat gravitasi kendaraan. Hal ini terjadi ketika kendaraan melewati jalan berlubang atau menonjol.

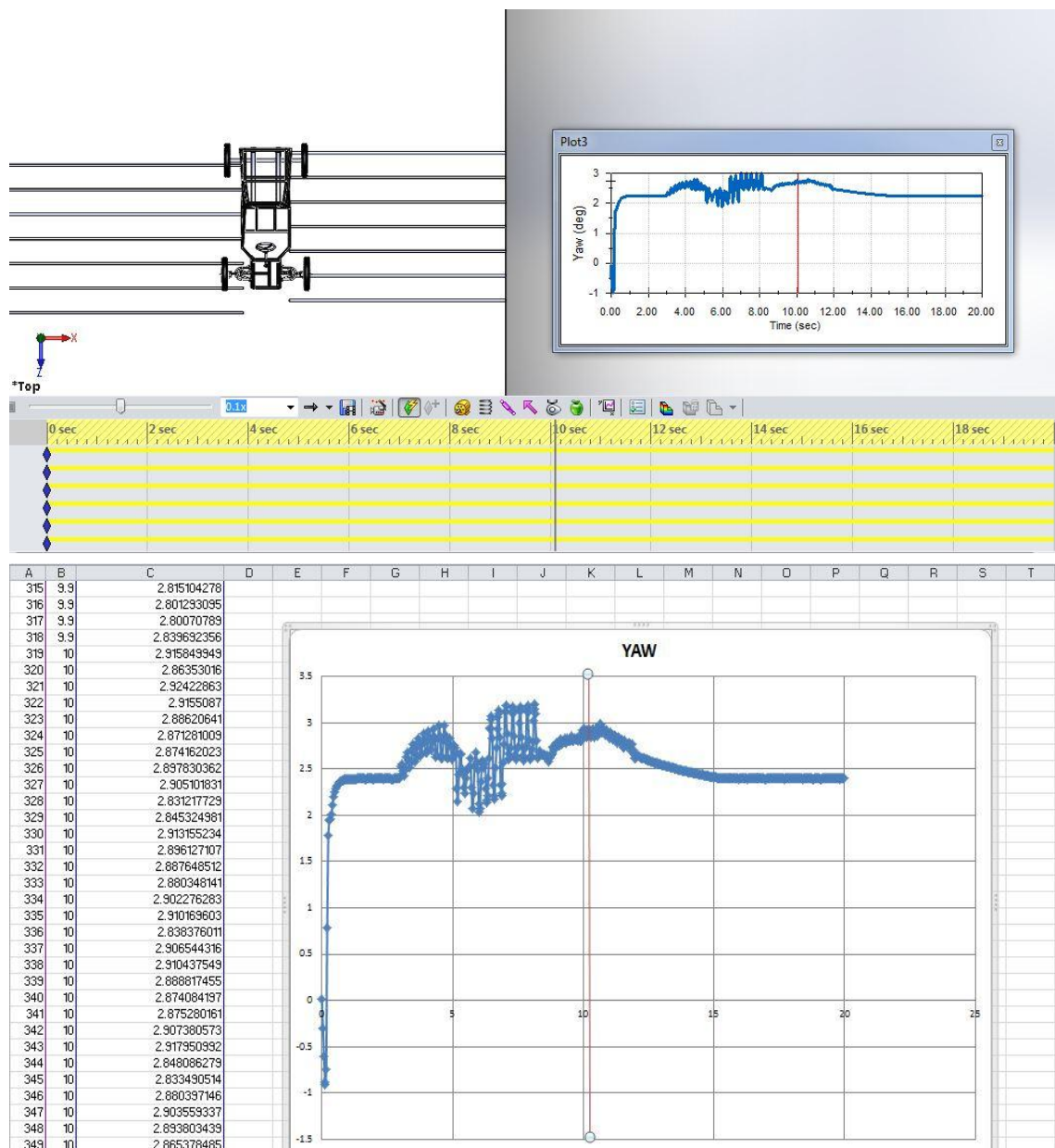
❖ Gerak Roll



Gambar 5. 2 Data hasil simulasi untuk mengetahui grafik pada gerak pitch

Dari grafik dan gambar diatas menunjukkan bahwa guncangan kendaraan mengarah ke samping. Hal ini terjadi ketika kendaraan melewati tonjolan yang menyebabkan shock absorber pada satu sisi kendaraan mengembang dan sisi yang lainnya mengerut.

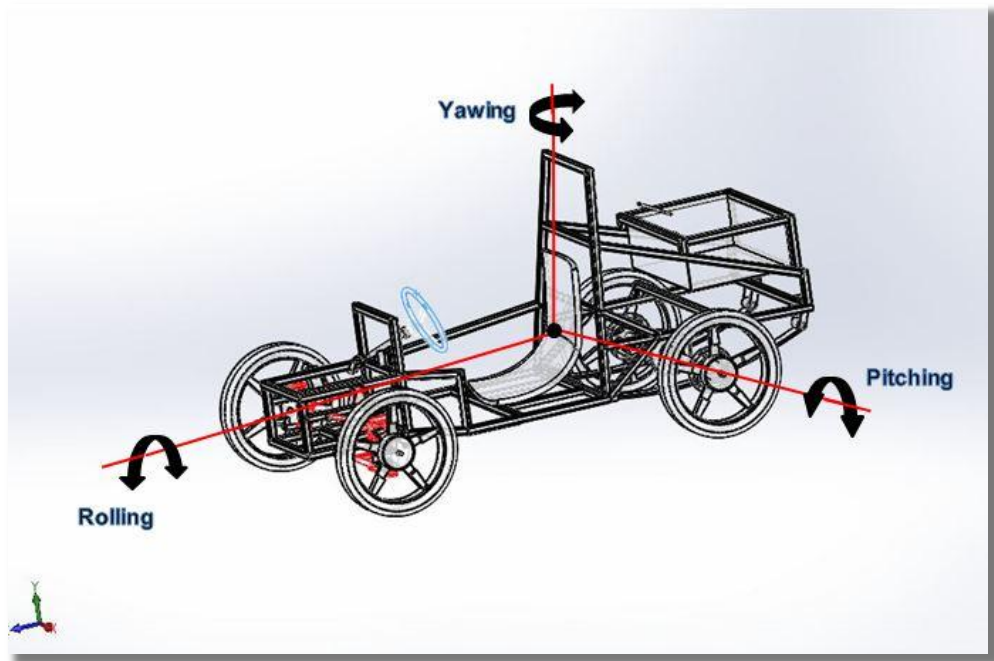
❖ Gerak Yaw



Gambar 5. 3 Data hasil simulasi untuk mengetahui grafik pada gerak pitch

Dari grafik dan gambar diatas menunjukkan bahwa gerakan kendaraan mengarah memanjang ke kanan dan ke kiri terhadap titik berat kendaraan.

Simulasi di atas merupakan gerak bolak-balik disekitar posisi kesetimbangan. Pada umumnya getaran yang terjadi disebabkan adanya guncangan karena permukaan jalan tidak rata.



Gambar 5. 4 Gambar gerakan bolak-balik kendaraan di sekitar posisi kesetimbangan

5.2 KONSTANTA PEGAS

NO.	Pemendekan (X)	Beban yang diterima (F)	Konstanta (K)
1	0,5 mm	33.9 kg	678 N/mm
2	1 mm	49.8 kg	498N/mm
3	1.5 mm	64.6 kg	430,67 N/mm

Dari data diatas maka dapat dihitung konstanta pegas yang dimiliki *shock absorber Kayaba* milik Yamaha Rx-King, dimana konstanta *shock* adalah rata-rata dari hasil perhitungan konstanta di setiap pembebanan.

Ket :

K = konstanta (N/mm)

x = pemendekan stroke (mm)

F = beban/gaya yang diterima

Maka konstanta yang dimiliki *shock absorber* tersebut adalah :

$$K_{shock} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3}$$
$$K_{shock} = \frac{678 \text{ N/mm} + 498 \text{ N/mm} + 430,67 \text{ N/mm}}{3}$$
$$K_{shock} = \frac{1606,67 \text{ N/mm}}{3}$$
$$K_{shock} = 535,5 \text{ N/mm}$$

Stroke pemendekan maksimal yang dimiliki *shock* tersebut adalah 40mm, sehingga dapat diketahui kemampuan maksimal *shock* dalam menerima beban adalah :

$$F = x \cdot K$$

$$F = 40\text{mm} \cdot 535,5 \text{ N/mm}$$

$$F = 21420 \text{ N}$$

$$= 2142 \text{ Kg}$$

BAB VI

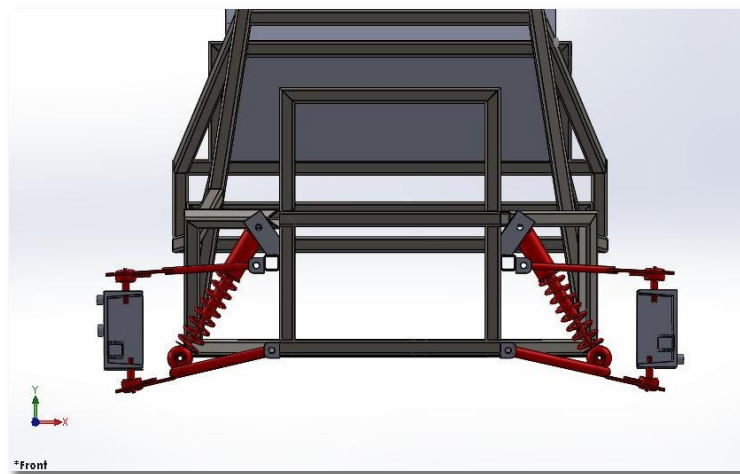
PEMBUATAN

6.1. GAMBAR TEKNIK

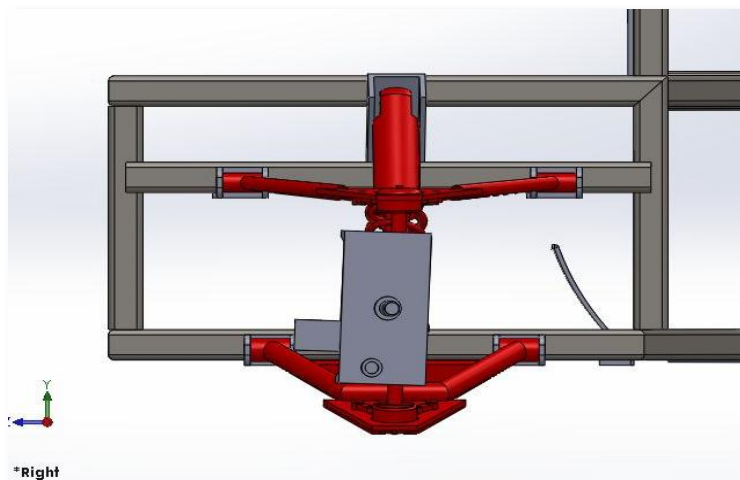
Gambar teknik ini dibuat setelah lolos seluruh tahapan proses desain. Pada gambar teknik ini terdapat detail dari suspensi depan yang akan dibuat. Detail suspensi depan ini memuat hal – hal penting seperti :

- Dimensi suspensi
- Material yang digunakan
- Proses pengerjaan

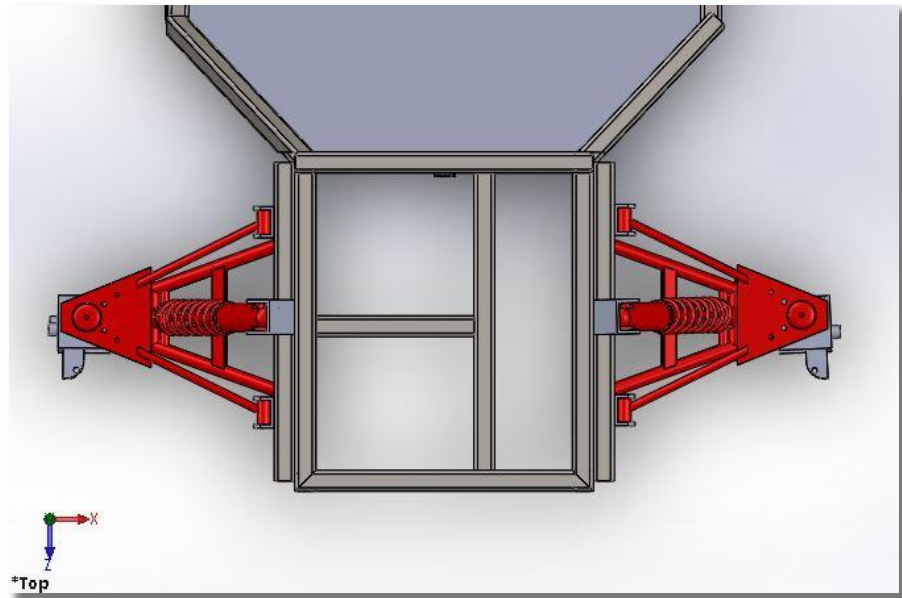
Hal – hal tersebut di atas harus benar – benar sesuai untuk menghindari kesalahan proses pengerjaannya bahkan kegagalan dalam *prototyping*. Selain itu agar proses pengerjaan *prototyping* ini menjadi efisien.



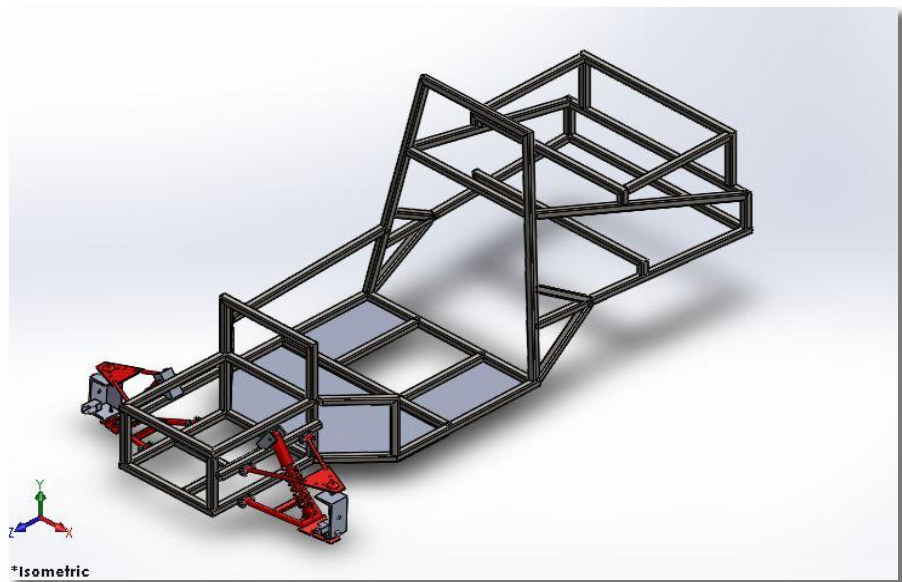
Gambar 6. 1 Tampak depan



Gambar 6. 2 Tampak samping



Gambar 6. 3 Tampak atas



Gambar 6. 4 Isometri

6.2. ANALISA PROSES

Pada detail desain terdapat proses pengerjaan suspensi depan, dimana proses pengerjaan ini sebelumnya harus dianalisa untuk mendapatkan langkah – langkah proses yang tepat dan sesuai. Pada proses *prototyping* terdapat beberapa proses pengerjaan yaitu:

- a. Pemotongan
- b. Pengelasan
- c. Pelubangan

Selain itu pada detail desain juga diketahui material *lower* dan *upper arm* yang digunakan yaitu baja lunak (*mild steel* ASTM A36) sebanyak satu meter untuk profil pipa 19.8x2.2mm dan untuk pelat baja 400x400x3mm.

Material tersebut memiliki sifat – sifat:

- a. Lunak
- b. Ulet
- c. Memiliki *weldability* yang tinggi



Gambar 6. 5 Pipa baja sebagai bahan pembuatan suspensi depan

Pemilihan material ini didasari pertimbangan-pertimbangan; tingkat ketersediaan yang tinggi, harganya yang relatif ekonomis, dan kemudahan dalam proses manufaktur

Setelah semua aspek sudah diketahui, maka langkah selanjutnya adalah analisis proses untuk mendapatkan tahapan proses yang tepat.

6.3. PERSIAPAN PROSES

Persiapan proses *prototyping* ini adalah tentang persiapan alat – alat, material atau bahan baku dan sumber daya manusia. Dimana alat – alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- A. Satu set mesin Las *SMAW* dan *elektroda*
- B. Gerinda tangan dan gerinda meja
- C. Mesin Potong (*Cutting wheel*)
- D. Mesin Bor listrik (*Drilling*)
- E. Gergaji
- F. Mistar Baja
- G. Jangka sorong
- H. Ragum
- I. Meja rata

- J. Palu
- K. Baja ASTM A36 profil pipa dan pelat
- L. Alat keselamatan kerja

6.4. PROSES PEMBUATAN (*PROTOTYPING*)

Secara umum tahapan proses *prototyping* terdiri dari kegiatan – kegiatan sebagai berikut:

- a. Pembuatan *Upper Arm*
- b. Pembuatan *Lower Arm*

Pada proses pembuatan ini, bagian *lower arm* memiliki dimensi dan konstruksi yang relatif berbeda dengan bagian *upper arm*. Perbedaan konstruksi dalam hal ini berkesesuaian dengan fungsi masing-masing bagian, sedangkan perbedaan dimensi bertujuan untuk dapat mempertahankan sudut *camber* sehingga nilainya relatif tetap atau tidak berubah-ubah.

Ada beberapa proses pembuatan lower dan upper arm, berikut proses-proses pembuatan tersebut :

1. Proses pemotongan baja pipa
2. Proses pengukuran *Upper* dan *Lower Arm*.
3. Proses pengelasan *Upper* dan *Lower Arm*.
4. Proses penghalusan/pengerindaan hasil Las *Upper* dan *Lower Arm*.
5. Proses pelubangan pada *Upper* dan *Lower Arm*

Lengan ayun kendaraan *urban concept* yang berbentuk A-arm dibuat dengan terlebih dahulu memotong pipa-pipa baja yang tersedia sesuai dimensi yang ditentukan. Proses pemotongan juga dilakukan pada pelat-pelat baja yang sedianya akan digunakan sebagai dudukan-dudukan komponen lain yang terhubung dengan bagian ini. Proses pemotongan pipa dan pelat dalam hal ini dilakukan dengan menggunakan *cutting wheel*. Penyambungan setiap bagian lengan ayun dilakukan dengan pengelasan *SMAW*. Sedangkan pembuatan lubang pada pelat dilakukan dengan menggunakan mesin bor.

Tugas akhir

- ❖ Hasil akhir dari pembuatan *Upper* dan *Lower Arm*



Upper Arm

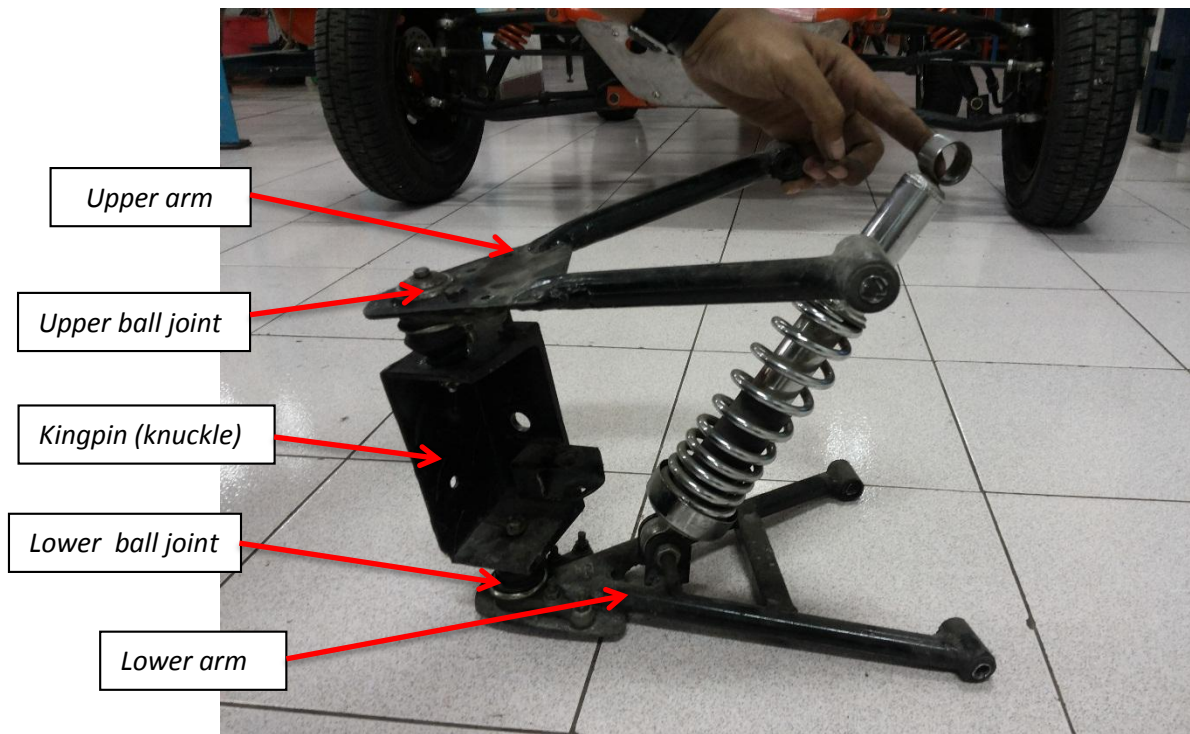


Lower Arm

Gambar 6. 6 Hasil akhir dari pembuatan *Upper* dan *Lower Arm*

6.5. PERAKITAN (ASSEMBLY)

Assembly adalah proses merakit atau menggabungkan antar komponen menjadi satu kesatuan, sehingga bagian-bagian komponen yang telah dibuat menjadi suatu alat atau mesin yang dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.



Gambar 6. 7 Bagian-bagian dari sistem suspensi depan setelah proses pembuatan

Setelah tahapan proses perakitan selesai, inilah hasil akhir proses perakitan suspensi *double wishbone* pada kendaraan *Urban Concept* untuk *Kompetisi Shell Eco Marathon*.



Gambar 6. 8 Hasil akhir dari proses perakitan

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan software *Solidwork 2014*, maka kesimpulan dari hasil pembuatan ini menunjukkan bahwa semakin kecil getaran amplitudo yang dihasilkan, maka akan semakin baik redaman getaran terhadap kendaraan pada saat melewati permukaan jalan yang tidak rata.

7.2. SARAN

Agar mendapatkan hasil yang lebih optimal untuk suspensi yang penulis buat, disarankan mengubah posisiudukan *upper arm* ke rangka menjadi lebih tinggi 20mm dari posisi dudukan sebelumnya, yang bertujuan agar memperkecil getaran amplitudo kendaraan pada saat melewati permukaan jalan yang tidak rata.

DAFTAR PUSTAKA

1. Shell Corporation. Shell Official Website. Shell Official Website. [Online] [Cited: October Monday, 2011.] <http://www.Shell.com/home/content/aboutShell/>.
2. Shell Corporation.. History of Shell Eco-Marathon. Shell Official Website. [Online] [Cited: Oktober Monday, 2011.] <http://www.Shell.com/home/content/ecomarathon/about/history/>.
3. Shell Corporation.. Shell Eco Marathon Europe. Shell Official Website. [Online] [Cited: October Monday, 2011.] <http://www.Shell.com/home/content/ecomarathon/europe/>.
4. Shell Corporation.. Shell Eco Marathon Americas. Shell Official Website. [Online] [Cited: October Monday, 2011.] <http://www.Shell.com/home/content/ecomarathon/americas/>.
5. Shell Corporation.. Shell Eco Marathon Asia. Shell Official Website. [Online] [Cited: October Monday, 2011.] <http://www.Shell.com/home/content/ecomarathon/asia/>.
6. Shell Corporation.. Shell Corporation. Shell Official Website. [Online] [Cited: October Monday, 2011.] http://www.Shell.com/home/content/ecomarathon/asia/for_participants/asia_rules/.
7. Shell Corporation.. Shell Corporation. Shell Official Website. [Online] [Cited: October Monday, 2011.] http://www.Shell.com/home/content/ecomarathon/asia/2011_sepang/winners/.
8. Muslimshare. muslimshare. muslimshare.wordpress.com. [Online] [Cited: October Monday, 2011.] <http://muslimshare.wordpress.com/2010/07/11/its-juara-Shell-eco-marathon-sem-2010-mengalahkan-mobil-irit-dari-15-universitas-ternama-asia/>.
9. Shell Corporation. Shell Corporation. Shell Corporation Website. [Online] October Monday, 2011. [Cited: October Monday, 2011.] <http://www.Shell.com/home/content/aboutShell/>.